3. 秋田県象潟(きさかた)漁港

3-1 漁港施設用地における地下海水の取水可能性の検討 試掘場所を図3-1に示す。



「地理院地図 国土地理院 http://maps.gsi.go.jp/」より一部抜粋加筆 図 3-1 調査位置図

(1)地形概要

調査地付近は、第四紀の活火山である鳥海山(標高 2,236m)の北西側に位置しており、鳥海 山の火山活動に起因する地形及び 1804 年の象潟地震時の隆起に起因する地形によって特徴付け られる地域である。象潟地震以前は、象潟町周辺は湖であり、水面から泥流丘が頭をのぞかせた 「九十九島」の景観をなしていたが、地震時の隆起によって消滅し、その湖底は現在は水田とし て利用されている。

調査地は、秋田県南西部の日本海沿岸地域に位置し、東日本旅客鉄道株式会社羽越本線「象潟 駅」の南西約0.9kmの低地に位置する。この低地は象潟地震によって隆起した「象潟新期砂丘 地」に分類され、かつては全体的に砂浜地帯であったが、現在は漁港整備に伴う造成・護岸がな されている。



図3-2 調査地付近地形区分図及び空中写真(1974-1978年撮影)11.12

¹¹ 土地分類基本調査「象潟・吹浦」5万分の1地形区分図(国土調査,2003)より一部抜粋加筆

¹²「地理院地図 国土地理院 http://maps;gsi.go.jp」より一部抜粋加筆

(2)地質概要

調査地は、「5万分の1地質図幅 象潟」(地質調査所 1982年)によると、第四紀完新世の新期 砂丘堆積物もしくは象潟泥流堆積物の分布する地域である。新期砂丘堆積物は現在の海岸線に沿 って分布し、砂からなる。象潟泥流堆積物は鳥海山爆裂火口より発生して流れ下ってきたもので あり、泥流丘と火山灰・泥および岩屑を主とする基質からなる。また、調査地を含む象潟町は象 潟ガス田に含まれており、古くから天然ガスの兆候が多い地域である。

本調査では、盛土の下位に礫混じり砂、礫混じりシルト、火山灰質砂、玉石混じりシルト質細砂、礫混じり砂質シルトを確認し、火山灰質砂(as3,表3-1)以浅を新期砂丘堆積物、以深を象潟泥流堆積物の泥流丘としてとりまとめた。



図3-3 調査地付近地質図¹³

^{13 「5}万分の1地質図象潟」(地質調査所 1982)より一部抜粋加筆

3-2 漁港施設用地における試掘等

試掘結果の概要を表3-1に示す。

| | 調査内容 | | 単位 | 象潟町 |
|----------------|------------------|------------|----|-------|
| | | 粘土・シルト | | 7.40 |
| 機械ボーリング | φ86mm 💥 | 砂・砂質土 | m | 10.60 |
| | | 合計 | | 18.00 |
| 試掘井設置 | 仕上がり口 | 径 φ 50mm | 箇所 | 1 |
| 簡易揚水試験 | 連続揚水詞 | 式験 (4h) | □ | 1 |
| 現場透水試験 | 非定 | 常法 | □ | 1 |
| 塩分・電気伝導 率測定 | 地下水位以下約 及び揚水時 | 式 | 1 | |
| 仮設 | 平坦地足场 | 箇所 | 1 | |

表3-1 試掘調査結果の概要

※コアはφ66mmで採取した。

(1) 機械ボーリングと試掘井設置

機械ボーリングは、試掘井設置及び地質構成の確認を目的として実施した。

ボーリング装置はハイドロリックフィード式ボーリング装置(図2-5参照)を使用し、掘削孔 径 φ 86 mmオールコアボーリングで実施した(コア採取は φ 66mm)。ボーリング掘削に際しては、 孔壁保護のためケーシング挿入を実施し、掘削能率の向上に努めた。

試掘井は、簡易揚水試験、塩分・電気伝導率測定を実施する為に設置した。掘削口径は、φ 86mm 仕上がり孔径はφ50mm とし、取水区間を0.5mm 幅スリット有孔管とした。また掘削孔壁と 試掘井間の空隙には、珪砂2号(φ2~4mm)を外周充填砂利として使用し、珪砂上部はベントナ イトペレット及び発生土を用いて遮水した。

対象となる帯水層は、既往柱状図(南部漁業協同組合象潟貯水施設建築工事地質調査報告書, 1984)によると、帯水層①(礫混じり細砂)、帯水層②(砂礫、礫混じりシルト質細砂及び転 石)及び帯水層③(転石混じり火山灰質砂礫)の3層となる。帯水層のうち帯水層②、帯水層③ は、被圧地下水(淡水)である可能性もある(現地聞き取りによる)。

本調査では、深度15mを目安として試掘井を削孔するが、地質分布(帯水層の深度分布)、削 孔時及び削孔後の鉛直塩分分布等から、ストレーナー位置を計画した。

また、被圧帯水層の状況に応じて、簡易揚水試験とは別に、被圧帯水層を対象として現場透水 試験を実施した。

試掘井の仕様は図3-5に示す。



図3-4 既往柱状図(象潟)



図3-5 試掘井仕様(象潟)

(2) 簡易揚水試験と塩分・電気伝導率測定

簡易揚水試験は、揚水の塩分及び揚水に伴う孔内水位の低下量と経過時間の相関から透水係数 を求め、これにより調査地の揚水量を試算する為に実施した。

揚水試験は通常、井戸の能力試験と帯水層試験に大別され、能力試験として段階揚水試験、帯 水層試験として連続揚水試験及び回復試験を実施するが、本調査では段階揚水試験は行わず、単 一の揚水量(L/min)で連続揚水試験及び回復試験を実施した。

揚水作業には家庭用ポンプ(カワエース(最大吐出量: 36.1L/min))を使用し、孔内水の変動は 絶対圧水位計(S&DLmini)を用いて測定した。

塩分・電気伝導率測定は対象となる地下水が海水と同等、もしくは近い塩分を持つ水であることを確認する為に実施した。測定にはポータブル電気伝導率計(CM-31P)を使用し、揚水開始前及び揚水後に孔内 0.5m 深毎の測定及び揚水作業中 30 分毎の測定を実施した。

(3)現場透水試験

現場透水試験は、「単孔を利用した透水試験方法」(地盤工学会基準:JGS1314) に準じて実施 した。単孔式透水試験では、地盤の自立性や地下水の状況により、図3-6に示す4種類の試験 孔の形状があり、今回の調査では、最も一般的に用いられている、ピエゾメーター法を採用し た。



図3-6 試験孔仕様による試験法の分類¹⁴

¹⁴ 公益社団法人地盤工学会:地盤調査の方法と解説, p521, 2013

試験方法は非定常法と定常法があり、地盤の透水性等により使い分けるものとする。

1) 非定常法

揚水(汲み上げ法)または注水(注水法)により、測定用パイプ内の水位を低下あるいは上昇 させ、平衡状態に戻る時の水位変化を継時的に測定して地盤の透水係数を求める方法。

透水係数が 1.0×10⁻⁴m/sec より小さい地盤に適している。

2) 定常法

揚水または注水して、測定用パイプ内の水位が一定になった時の流量を測定して地盤の透水係 数を求める方法。

透水係数が1.0×10⁻⁴m/sec 程度以上の地盤に適している。 現場透水試験の概要を図3-7に示す。



図3-7 現場透水試験 試験方法の概要¹⁵

¹⁵ 公益社団法人地盤工学会:地盤調査の方法と解説, p519, 2013

本調査では、大きく3層の帯水層を予想した。試掘井戸全体の透水性については、簡易揚水試 験により確認するが、各帯水層毎の透水性を判断するために、最上部の帯水層で現場透水試験を 実施した。試験は、非定常法(回復法)により実施した。

試験結果は、経過時間(t) ~水位差(logs)の関係について整理し、logs-t曲線のうち初期の直線をなす部分を用いて次式より透水係数 k を算出した(直線勾配法)。



図3-8 直線勾配法による透水係数¹⁶

¹⁶ 公益社団法人地盤工学会:地盤調査の方法と解説, p515~520, 2013から抜粋編集

(4)機械ボーリング結果

機械ボーリングは、調査地点位置図(図3-9)に示す1箇所で実施した。 機械ボーリングの詳細は、調査地の地質構成を表3-2及びボーリング柱状図を図3-10に まとめた。

| 地 | 質時 | 代 | 地層名 | 地質名 | 記号 | 層厚 (m) | 記事 |
|----|----|----|--------------------------------------|-----------------|-----|-----------|--|
| | 新 | | 盛土 | 礫混じり砂 | bn | 0.90 | 細砂を主体とし、中砂を含んで 粒径不均一である。礫径10~ 120mmの礫・玉石を混入する。 |
| | | | مرد 111 | 礫混じり砂 | as5 | 2.10 | 細砂を主体とし、中砂を含んで 粒径不均一である。深度2.7m付 近にくりぬきコア長60mmの玉石 を含む。 |
| | | | 初 明 一 砂 丘 堆 積 物 | 礫混じり シルト | ac3 | 1.30 | 礫径5~30mmの亜角~円礫を混 入する。 |
| 新生 | | 完新 | | 礫混じり砂 | as4 | 3.30 | 細~粗砂からなる粒径不均一な 砂である。礫径2~25mmの亜角 ~亜円礫を含む。 |
| 代 | 紀 | 世 | | 火山灰質砂 | as3 | 0.70 | 粒径不均一な砂で、淡灰色の火 山灰を含む。 |
| | | | | 玉石混じり シルト質細砂 | as2 | 1.70 | 中〜粗砂を含んで粒径不均一で ある。くりぬきコア長30〜40mm の玉石を部分的に含む。 |
| | | | 象潟 泥流 堆積物 | 礫混じり 砂質シルト | ac2 | 1.80 | 礫径2~40mmの亜角~亜円礫を 混入する。 |
| | | | | 火山灰質細砂 | as1 | 1.90 | 礫径2~30mmの亜角~亜円礫を 含む。 |
| | | | | 礫混じり 砂質シルト | ac1 | 4.30 | 礫径2~30mmの亜角~円礫を混 入する。中~粗砂を含み、粒径 不均一である。 |

表3-2 調査地の地質層序表







図3-9 調査地点位置図及び求積図

| ボ・ | - 1) | ン | グ名 | 象 | 潟田-1 | | | | | | | 調 | 査位 | 置 | 秋田県 | 見に オ | いほう | 市象 | 潟町 | ľ | | | | | | | | | | | | | 눼 | 5 | 緒 | denta | 39° | 12' | 14. 9 | 000 | y | | |
|---------|--------|------|-------|-------|------------|--|--------------|----|----|---------------------|---|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|------------|----------|----------------------------|-----------|-----|---|------|-------------|-----------|------|------------------|-----|------|---|----|------------|----------|-----------|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|--|---|
| 発 | 注 | 機 | Ę | 1 水 | 產庁未 | 战培養列 | 禃課 | | | | | | | | | | | 調1 | 作 | 間 | 20 | 20/ | 8/ | ′ 17 | ~20 | 020, | / 8 | 3/2 | 0 | | | | 東 | Į | 紹 | £ 1 | 39° | 53' | 34. 5 | 000 | ø | | |
| 調 | 查算 | | 皆名 | マ雷 | リノフ 話 | オーラ。 03-620 | 421 80-27 | 92 | | | | 主 | 任技 | 師 | 菊地 | 真 | | | 現代 | 理 | 1 | | 葛巻 | # | 吾 | | | | È | ア | 葛巻 | 1 | ∃吾 | | ポグ | (一 | り任 | ン高者 | 屋 | 正利 | р | | |
| 孔 | | 標 | 言 | K | BM | 00 020 | 角 | 18 | | | 方 | 2711 | # 0' | 60, | 地般 | 0 [°] 水3 | F_ 0' | 使田 | 試 | 銷 | 自根 | 東 | 〔邦D- | -1 | | | - | | - | - | | ハ : 液 - | ノマ | - | | | - | - | | | | | 1 |
| 総 | 掘 | 進 | - | E 18 | 00m | - | | T | ŀ |) ⁹⁰ | - | 西(| \downarrow | 東 | 金勾 | | 7 | 機 | I | ン | ยว | , + | シマ | ·] | NFD1 | 12 | | _ | _ | _ | 1 | ポ | <u>ン</u> | プ | 東邦 | K3 | | | | | | | |
| | | _ | | | | - | 度 | 0 | | 0' | [A] | 1 | 80 南 | | AC | 90` | | 種 | - | | | | | | | | | | | | _ | | | | | | | | | | | |] |
| 標 | 標 | fi v | 層 | 深 | 催 | ± | 色 | 相 | 相 | | | | 記 | | | 粒 | A | | | 標 | | 準 | j | 貫 | | Ъ | | 試 | 2002 | 験 | | | 鳫 | 〔位 | 置 | 試 | 験 | 試 | 科採 | 取 | 室 | 掘 | |
| | | | | | | 府 | | ** | ** | | | | | | | 没試験 | 内水 | Ľ | ₹ 1 | Ocr 行醫 | 毎の |)打 | | | | | | | | | | | 深 | 試 | , E | 倹 | 名 | 深 | 試 | 採 | Ь | 准 | |
| 尺 | 高 | 5 | 厚 | 度 | 状 | Ę | | | N | | | | | | | によ | 位 / | | | | 0 2 | · 学 回 0 悉 | | | 1 | N | | | | 値 | | | | 及 | UR | 結 | 果 | | 料 | 取 | 143 | ١E | |
| | | | | | | X | | 密 | 稠 | | | | | | | る土質 | 測定 | <u>B</u> | ٤ | 2 | 2 2 | | | | | | | | | | | | 度 | | | | | 度 | 番 | 方 | 烒 | 月 | |
| m | m | 1 | m | m | X | 分 | 調 | 度 | 度 | | | | 車 | | | 区分 | 月日 | n | a] | . 0 2 | :03 | くうしていていていていていていていていていていていていていていていていていていてい | | | | | | | | | | | m | | | | | m | 号 | 法 | 験 | 日 | |
| | | + | | | 1: | 。 盛土(磯 見しみ) | 暗灰 | | | 細砂を | 生主体 | とし | 、中砂 | を含/ | んで粒 | | | | + | - | - | + | 0 | | 10 | 2 | 20 | 30 | | | 50 | 6 | | | | Ħ | | | | | | | |
| | 1 -0. | 90 | 0.90 | 0.9 | | • | - | | | 様径1 する。 空度0 | 0~12 深度 | 0.0- | D健・ヨー -0.20ml | 石を間に | 混入 | | 8/1 1,4 | 7 9 | | | | | | + | + | + | | - | + | | + | + | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | 、 礫混り 砂 | 暗灰 | | | みを読 | 記入す | る。 | 、中砂 | 、 を含/ | して粒 | | | | | | | | | - | - | - | | _ | | | _ | | | | | | | | | | | | |
| | 3 -3. | . 00 | 2. 10 | 3. DI | | | | | | 経不ち | ちーで なきコ 85~ | ある長い | 。深度 60mmの 間は礫 | 2.7~~ 玉石 ? 記 ! ! ! | す近に を含む | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ₿ | | | | | | | |
| | | | | | | ■ 礫混り シルト | 暗灰 | | 0 | である 礫径5 | 5. ~30m | m (D) I | 三角~円 | 礫を | 混入 | | | | | | | | - | + | + | + | | + | + | | + | + | | | | | | | | | | | |
| | 44 | . 30 | 1. 30 | 4.3 | , <u> </u> | - | - | - | | する。 混入3 深度4 | 部分 よる。 、3~4 | . 5m | 似~ン. 別、くり | いり | 119を コア | | | | | | | | | - | - | F | | 1 | - | | - | - | | | | | | | | | | | |
| n lu al | 5 | | | | | | | | | 長60m 亜円 なる。 | ■の玉 ●円礫 | 石及を主 | び碟径 体とす | 5~20 る砂雨 |)mmの 業から | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ₿ | | | | | | and and | |
| | 6 | | | | | 礫混り 砂 | 暗灰 | | | 細~料である | 日砂かち。碟 | らな 径2- | る粒径 -25mmの | 不均-) 亜角 | ーな砂 ~亜 | | | | | | | | | + | + | + | | + | + | | + | + | | | | ₽ | Ħ | | | | | | |
| | 7 | | | | * * * | • | | | | 深度4 mmの3 | - 9m付 E石を | 。近、合む | くりぬ。深度 | きコ) 5.8~ | ア長40 6.0m | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | ₽ | | | | | | | |
| | | . 60 | 3, 30 | 7.6 | | 火山灰 | SKEE | | | 间、、 石が近 粒径7 | 、900 <u>集続す</u> 下均一 | さ う な 砂 | 7 云20 | ~ 30m 灰色(| の火山 | | | | | | | | | + | - | | | - | | | - | - | | | | ₽ | | - | | | | | |
| | -8 | . 30 | 0, 70 | 8, 34 |). Ę | · 資砂 王石得 | Bally | | | 灰を言 | 30°. | A / | and this day | | 4.5 | | | | | | | | | - | _ | - | | | _ | | - | | | | | | | - | | | | le se les | |
| | 9 | | | | | - - - り シル - ト 質細 - 砂 | 暗灰 | | | 中~れ ルト登 長30~ | am/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2を 電報/2 一 | 言のあ | で程住 る。く 石を部 | 小月 りぬき | ーなン きコア こ合む | | | | | | | | | | | - | | | | | 1 | | | | | | | - | | | | | |
| 1 | 0 -10. | . 00 | 1. 70 | 10. 0 | | • | | - | | 磯径2 | ~40 | mの重 | 重角~囲 | 円碟 | を混 | | | | | | | | | + | + | + | | - | + | | + | + | | | | | | | | | | the second s | |
| 1 | 1 | | | | | (課題)(課題)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別)(別) | 暗灰 | | | 入する .0~1 ~100 | 5砂賞 0.8mm | シル 間、く | トであ (りぬき (連結) | る。アコア | 架度10 「長50 !入す | | | | | | | | | _ | _ | - | | _ | _ | | - | - | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 -11. | . 80 | 1. 80 | 11. 8 | , | | - | | | ъ. таки | | - 0 7 | - A 7 | : (77) 200 | ** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ₽ | | | | | | - Level - | |
| | | | | | E E | ·火山灰 曾編碑 | 淡 灰 | | | 解住る | ~30 案度12 動物 | 1m以 とな | 「深、音 | 分的灰色 | を目 にシ を呈す | | | | | | | | - | + | | + | \square | - | + | | + | + | | | | ₽ | Ħ | - | | | | | |
| | 3 | . 70 | 1.90 | 13. 7 | | | | | | る。ま きコフ | 案度12 P 長10 | 2. 4∼ 10mm 0 | 12.5m間 D玉石を | 混入 | りぬ する | | | | | | | | | - | - | - | | + | - | | + | + | | | | ₿ | | - | | | | leased as | |
| Ë 1 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | - | - | | | | | - | - | - | | | | ₽ | | - | | | | | |
| 1 | 5 | | | | | | | | | 礫径2 する例 | ~30m 9質シ | mの団 ルト | 重角~円 。部分∣ | 様を | ·混入 シルト | | | | | | | | | + | - | + | | - | - | | + | + | | | | | | - | | | | | |
| 1 | 6 | | | | | 礫混り 砂質シ シルト | 暗灰 | | | となる 怪不知 | 5。砂 肉一で | は中ある | ~粗砂 。 | を含る | み、粒 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | , | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | + | $\left \right $ | _ | - | | + | + | | | | | | | | | | | |
| 1 | 8 -18. | . 00 | 4. 30 | 18.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | - | | | | | | - | + | | | | | | | | | | and the second | |
| 2 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | - | \square | | | | | | + | - | | Ħ | | ₽ | | - | | | | | |
| , | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ħ | # | ₽ | Ħ | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | - | | + | - | | + | + | | Ħ | | ₽ | Ħ | | | | | | |
| 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | - | - | | | | | 1 | | | | | ₽ | Ħ | - | | | | | |
| 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \square | | | | 1 | | | Ц | | 3 |



1)新生代第四紀完新世 象潟泥流堆積物

象潟堆積物は下位から、礫混じり砂質シルト(ac1)、火山灰質砂(as1)、礫混じり砂質シルト (ac2)、玉石混じりシルト質細砂(as2)、火山灰質砂(as3)に区分した。各層の特徴を以下に 示す。

A 礫混じり砂質シルト (ac1)

部分的にシルトとなる。色調は暗灰色を呈する。

B 火山灰質細砂 (as1)

深度 12.10m 以深、部分的にシルト質細砂となる。深度 12.40~12.50m 間、くりぬきコア長 100mm の玉石を混入する。色調は深度 12.10m 以浅は淡灰色、以深は暗灰色を呈する。

C 礫混じり砂質シルト (ac2)

深度 10.00~10.80m 間、くりぬきコア長 50~100mm の玉石が連続して混入する。色調は暗灰色 を呈する。

D 玉石混じりシルト質細砂 (as2)

くりぬきコア長 30~40mm の玉石を部分的に含む。色調は暗灰色を呈する。

E 火山灰質砂 (as3)

粒径不均一な砂で、淡灰色の火山灰を含む。色調は淡灰色を呈する。

2)新生代第四紀完新世 新期砂丘堆積物

新期砂丘堆積物は下位から礫混じり砂 (as4)、礫混じりシルト (ac3)、礫混じり砂 (as5) に 区分した。各層の特徴を以下に示す。

A 礫混じり砂 (as4)

深度 4.3~4.5m 間、くりぬきコア長 60mm の玉石及び礫径 5~20mm の亜円~円礫を主体とする 砂礫からなる。深度 4.9m 付近、くりぬきコア長 40 mm の玉石を含む。深度 5.8~6.0m 間、くり ぬきコア長 20~50mm の玉石が連続する。色調は暗灰色を呈する。

B 礫混じりシルト (ac3)

部分的に砂~シルト質砂を混入する。色調は暗灰色を呈する。

C 礫混じり砂 (as5)

深度 2.7m 付近にくりぬきコア長 60mm の玉石を含む。深度 2.85~3.0m 間は礫混じり粘土である。色調は暗灰色を呈する。

3) 盛土 (bn)

細砂を主体とし、中砂を含んで粒径不均一な礫混じり砂からなる。礫径 10~120mm の礫・玉石 を混入する。深度 0.0~0.20m 間に貝殻、深度 0.75m 付近にプラスチックごみを混入する。色調 は暗灰色を呈する。

| 調査番号 (孔口標高) | 測定日 | 水位種別 | 水位G.L-(m) | 備考 |
|----------------|----------|-------|-----------|--|
| | 8月17日 | 作業後水位 | 1.49 | ・掘進深度G.L-3.00m ・ケーシング先端深度G.L-2.50m |
| B-1 | 0日10日 | 作業前水位 | 1.50 | ・掘進深度G.L-3.00m ・ケーシング先端深度G.L-2.50m |
| (KBM±0.00m) | 8 Л 18 П | 作業後水位 | 6. 68 | ・掘進深度G.L-12.00m ・ケーシング先端深度G.L-8.60m |
| | 8月19日 | 作業前水位 | 2.15 | ・掘進深度G.L-12.00m ・ケーシング先端深度G.L-8.60m |

表3-3 地下水位(孔内水位)一覧表

(5) 塩分·電気伝導率測定結果

簡易揚水試験実施前、揚水試験後及び揚水試験中に実施した B-1 孔の塩分・電気伝導率の測定 結果を以下に示す。なお、揚水前の測定は極力孔内水を撹乱しないように測定した。



図3-11 揚水試験前及び揚水試験後の孔内0.5m 毎の塩分分布

| 測定深度(GL-m) | 塩分(%) | 電気伝導率(s/m) | 水温(°C) | 地質 |
|------------|-------|------------|----------------------|------------|
| 1.70 | 0.20 | 0.389 | 22.50 | |
| 2.20 | 0.50 | 0.944 | 19.80 | 礫混じり砂 |
| 2.70 | 0.57 | 1.057 | 19.40 | _ |
| 3.20 | 0.65 | 1.179 | 18.70 | |
| 3.70 | 0.68 | 1.234 | 18.40 | 礫混じりシルト |
| 4.20 | 0.73 | 1.320 | 18.10 | |
| 4.70 | 0.87 | 1.541 | 18.00 | |
| 5.20 | 0.90 | 1.601 | 18.00 | |
| 5.70 | 0.91 | 1.610 | 18.00 | 磁に日本にない |
| 6.20 | 0.91 | 1.613 | 18.00 | 味ルしりが |
| 6.70 | 1.00 | 1.761 | 17.90 | |
| 7.20 | 1.02 | 1.791 | 17.80 | |
| 7.70 | 1.02 | 1.788 | 17.9 <mark>0</mark> | 从山顶辉动 |
| 8.20 | 0.99 | 1.750 | 17.9 <mark>0</mark> | 人山灰貝砂 |
| 8.70 | 0.96 | 1.697 | 18.0 <mark>0</mark> | エエヨドリ |
| 9.20 | 0.92 | 1.633 | 18. <mark>00</mark> | |
| 9.70 | 0.88 | 1.562 | 18.1 <mark>0</mark> | ノルト貝和砂 |
| 10.20 | 0.82 | 1.469 | 18.10 | |
| 10.70 | 0.78 | 1.395 | 18.10 | 礫混じり |
| 11.20 | 0.73 | 1.309 | 18.10 | 砂質シルト |
| 11.70 | 0.68 | 1.229 | 18.10 | |
| 12.20 | 0.64 | 1.158 | 18.00 | |
| 12.70 | 0.61 | 1.123 | 18.0 <mark>0</mark> | 从山灰皙细动 |
| 13.20 | 0.58 | 1.055 | 18. <mark>0</mark> 0 | 人口次頁和初 |
| 13.70 | 0.56 | 1.033 | 17.90 | |
| 14.20 | 0.55 | 1.000 | 17.90 | |
| 14.70 | 0.54 | 0.990 | 17.90 | |
| 15.20 | 0.53 | 0.976 | 17.90 | び除い日 1、 11 |
| 15.70 | 0.53 | 0.968 | 17.90 | 小哲シルト |
| 16.20 | 0.27 | 0.503 | 17.90 | 一世貞ノル下 |
| 16.70 | 0.25 | 0.485 | 18.00 | |
| 17.20 | 0.24 | 0.469 | 18.00 | |

| 表3-4 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(排 | 揚水開始前:8月21日 | AM6:30) |
|-------------------------|-------------|---------|
|-------------------------|-------------|---------|

| 測定深度(GL-m) | 塩分(%) | 電気伝導率(s/m) | 水温(°C) | 地質 |
|------------|-------|------------|--------|-----------|
| 2.50 | 0.24 | 0.495 | 21.50 | 磁に日レットレスト |
| 3.00 | 0.49 | 0.890 | 19.30 | 味ルしり沙 |
| 3.50 | 0.57 | 1.052 | 18.20 | 磁沢ドロシルト |
| 4.00 | 0.81 | 1.462 | 18.30 | 味起しりンルト |
| 4.50 | 0.89 | 1.588 | 18.10 | |
| 5.00 | 0.93 | 1.646 | 18.00 | |
| 5.50 | 0.94 | 1.668 | 17.90 | |
| 6.00 | 1.16 | 2.030 | 17.60 | 礫混じり砂 |
| 6.50 | 1.31 | 2.250 | 17.40 | |
| 7.00 | 1.38 | 2.360 | 17.30 | |
| 7.50 | 1.40 | 2.390 | 17.20 | |
| 8.00 | 1.43 | 2.450 | 17.00 | 火山灰質砂 |
| 8.50 | 1.42 | 2.430 | 17.00 | |
| 9.00 | 1.43 | 2.440 | 17.00 | 玉石混じり |
| 9.50 | 1.46 | 2.490 | 17.10 | シルト質細砂 |
| 10.00 | 1.47 | 2.500 | 17.20 | |
| 10.50 | 1.45 | 2.470 | 17.20 | び総ジロードし |
| 11.00 | 1.37 | 2.350 | 17.30 | 小母シルト |
| 11.50 | 1.33 | 2.270 | 17.40 | |
| 12.00 | 1.26 | 2.180 | 17.40 | |
| 12.50 | 1.12 | 1.951 | 17.50 | 水山灰皙细砂 |
| 13.00 | 0.95 | 1.685 | 17.60 | 入山八頁和初 |
| 13.50 | 0.85 | 1.517 | 17.60 | |
| 14.00 | 0.79 | 1.414 | 17.60 | 100000 |
| 14.50 | 0.74 | 1.330 | 17.70 | |
| 15.00 | 0.70 | 1.263 | 17.70 | |
| 15.50 | 0.68 | 1.224 | 17.70 | 磁行しい |
| 16.00 | 0.66 | 1.193 | 17.70 | 砂香シルト |
| 16.50 | 0.64 | 1.173 | 17.80 | |
| 17.00 | 0.64 | 1.165 | 17.80 | |
| 17.50 | 0.64 | 1.159 | 17.80 | 6 |
| 18.00 | 0.53 | 0.968 | 17.80 | |

| 表3−5 深度 0.5m 毎の鉛直塭分変化(扬水∛ | 於∫後:8月21日 PMI 25, |
|---------------------------|-------------------|
|---------------------------|-------------------|



図3-12 揚水試験中の塩分の変化

| 測定時刻 | 塩分(%) | 電気伝導率(s/m) | 揚水量(I/min) | 水温(°C) |
|-------|-------|------------|------------|--------|
| 9:00 | 1.01 | 1.793 | 2.00 | 21.20 |
| 9:30 | 1.23 | 2.110 | 2.00 | 24.30 |
| 10:00 | 1.20 | 2.080 | 2.00 | 22.70 |
| 10:30 | 1.01 | 1.745 | 2.00 | 21.20 |
| 11:00 | 1.23 | 2.090 | 2.00 | 22.40 |
| 11:30 | 1.21 | 2.120 | 2.00 | 23.20 |
| 12:00 | 1.23 | 2.150 | 2.00 | 23.20 |
| 12:30 | 1.23 | 2.150 | 2.00 | 22.50 |

表3-6 連続揚水試験中の揚水の塩分・電気伝導率及び揚水量(8月21日)

表3-4に示す揚水試験前のB-1 孔の孔内水の塩分は0.20~1.02%であり、揚水終了後の孔 内水の塩分は表3-5に示すように0.24~1.47%となる。揚水試験中の塩分は1.01~1.23%に 変化している。また、揚水試験前及び揚水試験後の孔内0.5m毎の塩分分布図を図3-11に、揚 水試験中の塩分変化図を図3-12に示す。図3-11より揚水することで孔内0.5m毎の孔内水の 塩分はG.L-6.0m以深で上昇し、その最大値は1.47%である。また図3-12より揚水試験中の塩 分は1.01~1.23%であり、このことより揚水試験時は主に淡水を揚水しているが、徐々に海水 を引き込んできていると推察される。

(6) 簡易揚水試験結果

簡易揚水試験は、揚水による塩分濃度の変化及び揚水量の試算に用いる水理定数を得ることを 目的とした。

試験の実施状況は以下のとおりである。 試験期間:令和2年(2020年)8月21日8:52~13:01 揚水機器:カワエース(吐出量:2.0L/min) 観測機器:自記式水位計(S&DLmini)・ポータブル電気伝導率計(CM-31P) 孔口標高:KBM±0.00m



図 3-13 B-1 孔 簡易揚水試験実施状況

揚水試験中の水位変化を図3-14に示す。



図3-14 B-1 孔 揚水試験中の水位変動と潮位変化(8月21日)

本調査では、当初揚水量 30L/min で試験を実施した。

揚水管吸い込み口は、鉛直塩分測定で塩分が相対的に高い深度(G.L-7.0m)に設定したが、揚 水による水位降下が吸い込み口設置深度以深に及ぶため、連続的な揚水が困難であった。そのた め、揚水量の調整を行い、連続的な揚水が可能な揚水量を 2L/min として試験を行った。地下水 位は、徐々に上昇する傾向が認められた。試験開始時からの潮位は上昇しており、潮位の影響も 考えられるが、12:08 分付近では水位の低下が認められ、前述の水位上昇も含め、吸い込み口 付近での水位変動の不安定さが影響しているものとも推察される。

揚水による揚水試料は、暗灰色の濁りが顕著であり、揚水試験中においても濁りが解消されな かった。また、硫化水素臭が確認された。濁りの原因としては、十分な揚水量が得られていない こと、礫混じりシルト、礫混じり砂質シルト層などの細粒分の影響が推察される。また、海水中 には硫酸イオンが多く含まれており、嫌気的な環境で硫化物に還元され、硫化水素臭の原因とな っている可能性もある。

(7)現場透水試験結果

現場透水試験は、「単孔を利用した透水試験方法」(地盤工学会基準:JGS1314)に準じ、非定 常法で実施した。

透水試験結果の詳細は、表3-7及び図3-16に試験結果を要約して示す。

| | | | | THEIR BURN | |
|-----|-------|------|-------------------------|------------|------|
| 調査 | 透水区間 | 地区夕 | 透水係数 | ふせたの気気 | ⇒段七江 |
| 番号 | (m) | 地宿石 | (m/s) | 透水注の計画 | 武殿力法 |
| 象潟 | 2.50~ | 礫混じり | 2 00 v 10 ⁻⁵ | 低い | 非定常法 |
| B-1 | 3.00 | 砂 | 2.00 ^ 10 | | (回復) |

表3-7 現場透水試験結果一覧表



図 3 - 15 logs-t 曲線

透水係数k (m/s) 10^{-11} 10^{-10} 10^{-9} 10-8 10-7 10 1 10-5 10-4 10-3 10^{-2} 10^{-1} 10^{6} Т 実質上小透水 透水性 非常に低い 低 v 中 位 高 L1 砂および礫 微細砂、シルト, |GW| |GP| 粘性上 清浄な礫 対応する土の種類 砂ーシルトー粘土混合土 {C SW SP IGW |GP| |SF| [S-F] |M| G-M 定水位透水試験|特殊な変水位透 透水係数を直接測 特殊な変水位透 変水位透水試験 定する方法 水試験 水試験 透水係数を間接的 圧密試験結果から計算 なし 清浄な砂と伴は粒度と間隙比から計算 に推定する方法

図 3-16 透水性と土質区分¹⁷

¹⁷ 公益社団法人地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説, p450, 2009

本調査では、機械ボーリング結果から帯水層を以下の3層に区分した。

帯水層1:深度0.8~3.0m(礫混じり砂)

帯水層 2: 深度 4.3~10.0m (礫混じり砂、火山灰質砂、玉石混じりシルト質細砂)

帯水層 3: 深度 11.8~13.7m(火山灰質細砂)

試験井戸全体の透水性については、次章で示す簡易揚水試験結果から想定したが、帯水層毎の 参考値として帯水層1の透水性を現場透水試験によって求めた。

なお、揚水試験は試験井戸設置後の実施であるが、現場透水試験は削孔中の試験が可能である。

簡易揚水試験による透水係数は、2.0×10-5(m/s)であり、現場透水試験による帯水層1の透水係数と比較すれば、同程度の透水性といえる。

帯水層2、帯水層3のそれぞれの透水性は確認していないが、全体の透水性以上の透水性は期 待できないと推察される。

(8) 揚水量・水質改善の試み

ここでは、試掘井戸の揚水量、塩分、濁りを改善する試みとして以下の項目を実施した。 1) 揚水管吸い込み口深度の変更

揚水量、濁りの改善、及び水位変動の不安定さを解消することを目的として実施した。 吸い込み口深度を図3-17に示すように深度7.0mから15.0mに変更した。 変更による揚水量等の変化は(10)簡易揚水試験結果(改善後)で述べる。

2) 取水層の絞り込み

塩分、濁りの改善、及び硫化水素臭を解消することを目的として実施した。

取水層の絞り込みは、設置した試掘井(VP50 内径 50 mm)内に、新たに設定した取水層付近 を有孔管としたダブルケーシング(VP40 内径 40 mm)を挿入した新規試掘井により行った。改 善後試掘井の仕様は図 3-18 に示すとおりである。なお、取水層区間は孔隙をナイスシール B 型(応用計測サービス株式会社製)を使用して遮水した。

取水層は、鉛直方向で 0.5m 毎に測定した塩分・電気伝導率測定結果とボーリングコアから以下のように設定した。

取水層

・改善前:深度 2.00m~18.00m⇒改善後:深度 5.00m~13.00m



図3-17 揚水管吸い込み口の変更仕様図



図3-18 試掘井の仕様変更図

(9) 塩分·電気伝導率測定結果(改善後)

揚水管吸い込み口深度及び取水層改善後に実施した、塩分・電気伝導率測定結果を以下に示 す。

 1) 揚水管吸い込み口深度変更 揚水管吸い込み口深度:深度7.0m⇒深度15.0m 試掘井径:50 mm⇒40 mm



図 3-19 揚水試験前及び揚水試験後の孔内 0.5m 毎の塩分分布 (9月24日)

表3-8に示す9月24日の揚水試験前の孔内水の塩分は0.91~1.71%、揚水終了後の孔内水 の塩分は表3-9より0.83~1.67%であった。数値上では顕著な変化は見られないが、図3-19を用いて揚水前後の結果を比較すると、揚水することによって孔内0.5m毎の孔内水の塩分は 全体的に低下する傾向が見られ、深度6.0m以浅で顕著である。よって、揚水試験時は淡水と海 水の両方を揚水しているが、徐々に淡水の揚水量が増えてきていると推察される。

| 測定深度(GL-m) | 塩分(%) | 電気伝導率(s/m) | 水温(°C) | 地質 |
|------------|-------|------------|----------------------|------------------|
| 1.98 | 1.65 | 2.790 | 20.60 | |
| 2.48 | 1.64 | 2.750 | 19.80 | 礫混じり砂 |
| 2.98 | 1.65 | 2.800 | 18.30 | |
| 3.48 | 1.67 | 2.790 | 17.60 | 70歳3日1、11、2、11、1 |
| 3.98 | 1.67 | 2.820 | 17.10 | 味心しりンルト |
| 4.48 | 1.69 | 2.830 | 16.50 | |
| 4.98 | 1.68 | 2.840 | 16.20 | |
| 5.48 | 1.69 | 2.840 | 16.00 | |
| 5.98 | 1.69 | 2.850 | 15.90 | 礫混じり砂 |
| 6.48 | 1.70 | 2.850 | 15.70 | |
| 6.98 | 1.70 | 2.870 | 15.70 | |
| 7.48 | 1.71 | 2.880 | 15.80 | |
| 7.98 | 1.71 | 2.880 | 15. <mark>8</mark> 0 | 火山灰質砂 |
| 8.48 | 1.71 | 2.880 | 15.90 | |
| 8.98 | 1.71 | 2.870 | 16. <mark>00</mark> | 玉石混じり |
| 9.48 | 1.71 | 2.870 | 16. <mark>10</mark> | シルト質細砂 |
| 9.98 | 1.70 | 2.870 | 16. <mark>20</mark> | |
| 10.48 | 1.70 | 2.860 | 16.30 | 磁泡しい |
| 10.98 | 1.70 | 2.860 | 16.40 | 砂磨シルト |
| 11.48 | 1.70 | 2.860 | 16.50 | |
| 11.98 | 1.70 | 2.850 | 16.60 | |
| 12.48 | 1.69 | 2.860 | 16.60 | 水山灰皙細砂 |
| 12.98 | 1.70 | 2.850 | 16.70 | 入山八頁和的 |
| 13.48 | 1.69 | 2.850 | 16.80 | |
| 13.98 | 1.69 | 2.850 | 16.80 | |
| 14.48 | 1.69 | 2.850 | 16.90 | |
| 14.98 | 1.69 | 2.850 | 16.90 | |
| 15.48 | 1.69 | 2.850 | 17.00 | 礫混しい |
| 15.98 | 1.69 | 2.850 | 17.00 | 砂質シルト |
| 16.48 | 1.69 | 2.850 | 17.00 | 19月27日 |
| 16.98 | 1.69 | 2.840 | 17.10 | |
| 17.48 | 1.69 | 2.850 | 17.10 | |
| 17.98 | 0.91 | 1.601 | 17.20 | - |

表 3 - 8 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(揚水開始前:9月24日 AM11:35)

| 測定深度(GL-m) | 塩分(%) | 電気伝導率(s/m) | 水温(°C) | 地質 |
|------------|-------|------------|----------------------|-----------|
| 4.98 | 1.04 | 1.814 | 17.10 | |
| 5.48 | 1.18 | 2.020 | 16.70 | |
| 5.98 | 1.46 | 2.480 | 16.3 <mark>0</mark> | 磁影 日本 いわい |
| 6.48 | 1.57 | 2.670 | 16.1 <mark>0</mark> | 味ルビッジ |
| 6.98 | 1.64 | 2.780 | 15.9 <mark>0</mark> | |
| 7.48 | 1.67 | 2.810 | 15.9 <mark>0</mark> | |
| 7.98 | 1.64 | 2.760 | 15.9 <mark>0</mark> | 火山灰質砂 |
| 8.48 | 1.57 | 2.670 | 16.0 <mark>0</mark> | |
| 8.98 | 1.52 | 2.590 | 16.1 <mark>0</mark> | 玉石混じり |
| 9.48 | 1.51 | 2.570 | 16 <mark>.10</mark> | シルト質細砂 |
| 9.98 | 1.50 | 2.560 | 16.10 | |
| 10.48 | 1.50 | 2.560 | 16.20 | 磁にし、い |
| 10.98 | 1.51 | 2.560 | 16.20 | 味成しり |
| 11.48 | 1.51 | 2.560 | 16.30 | 砂貝ノルト |
| 11.98 | 1.51 | 2.560 | 16.3 <mark>0</mark> | 1 mar 1 |
| 12.48 | 1.50 | 2.560 | 16. <mark>4</mark> 0 | 水山应質细动 |
| 12.98 | 1.50 | 2.550 | 16. <mark>40</mark> | 人山八頁和沙 |
| 13.48 | 1.50 | 2.550 | 16.40 | |
| 13.98 | 1.50 | 2.550 | 16.50 | |
| 14.48 | 1.50 | 2.550 | 16.50 | |
| 14.98 | 1.50 | 2.540 | 16.60 | |
| 15.48 | 1.50 | 2.550 | 16.60 | び絶い日1、1 |
| 15.98 | 1.50 | 2.560 | 16.70 | 味此しり |
| 16.48 | 1.51 | 2.570 | 16.80 | が良ンルト |
| 16.98 | 1.51 | 2.570 | 16.90 | |
| 17.48 | 1.52 | 2.570 | 16.90 | |
| 17.98 | 0.83 | 1.494 | 17.20 | - |

表3-9 深度0.5m 毎の鉛直塩分濃度変化(揚水終了後:9月24日 PM3:00)

2) 取水層変更(改善後試掘井)

取水層:深度 2.00m~18.00m⇒深度 5.00m~深度 13.00m 試掘井径:50 mm⇒40 mm



図3-20 揚水試験前及び揚水試験後の孔内0.5m 毎の塩分分布(9月25日)

表3-10に示す9月25日の揚水試験前の孔内水の塩分は0.83~1.59%、揚水終了後の孔内水の塩分は表3-11より0.73~1.68%であった。数値上では顕著な変化は見られないが、図3-20を用いて揚水前後の結果を比較すると、揚水することによって孔内0.5m毎の孔内水の塩分は取水区間内で上昇する傾向が見られた。

| 測定深度(GL-m) | 塩分(%) | 電気伝導率(s/m) | 水温(°C) | 地質 |
|------------|-------|------------|----------------------|---------|
| 1.94 | 1.43 | 2.450 | 19.20 | |
| 2.44 | 1.43 | 2.450 | 18.70 | 礫混じり砂 |
| 2.94 | 1.43 | 2.440 | 18.60 | |
| 3.44 | 1.43 | 2.450 | 18.50 | 離記じりシルト |
| 3.94 | 1.46 | 2.480 | 17.80 | |
| 4.44 | 1.45 | 2.480 | 17.70 | |
| 4.94 | 1.59 | 2.690 | 16.30 | |
| 5.44 | 1.59 | 2.690 | 16.20 | |
| 5.94 | 1.59 | 2.690 | 16.20 | 礫混じり砂 |
| 6.44 | 1.58 | 2.680 | 16.20 | |
| 6.94 | 1.57 | 2.660 | 16.30 | |
| 7.44 | 1.58 | 2.670 | 16.30 | |
| 7.94 | 1.58 | 2.670 | 16.2 <mark>0</mark> | 火山灰質砂 |
| 8.44 | 1.58 | 2.660 | 16. <mark>20</mark> | |
| 8.94 | 1.56 | 2.650 | 16. <mark>30</mark> | 玉石混じり |
| 9.44 | 1.56 | 2.640 | 16. <mark>4</mark> 0 | シルト質細砂 |
| 9.94 | 1.56 | 2.640 | 16.4 <mark>0</mark> | |
| 10.44 | 1.55 | 2.630 | 16.50 | 磁行してい |
| 10.94 | 1.55 | 2.630 | 16.50 | 味起しり |
| 11.44 | 1.55 | 2.620 | 16.60 | 9頁7771 |
| 11.94 | 1.54 | 2.620 | 16.60 | |
| 12.44 | 1.54 | 2.600 | 16.70 | 水山灰皙細砂 |
| 12.94 | 1.51 | 2.590 | 16.70 | 八山八貞仙り |
| 13.44 | 1.50 | 2.550 | 16.8 <mark>0</mark> | |
| 13.94 | 1.45 | 2.490 | 16.90 | |
| 14.44 | 1.44 | 2.450 | 17.00 | |
| 14.94 | 1.40 | 2.410 | 17.10 | |
| 15.44 | 1.37 | 2.340 | 17.30 | 磁空し、い |
| 15.94 | 1.34 | 2.300 | 17.40 | 小母シルト |
| 16.44 | 1.31 | 2.250 | 17.60 | |
| 16.94 | 1.28 | 2.220 | 17.70 | |
| 17.44 | 1.27 | 2.190 | 17.80 | 1 |
| 17.94 | 0.83 | 1.495 | 18.10 | |

表 3 - 10 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(揚水開始前:9月 25 日 AM10:57)

| 測定深度(GL-m) | 塩分(%) | 電気伝導率(s/m) | 水温(°C) | 地質 |
|------------|-------|------------|----------------------|--------|
| 3.44 | 1.09 | 1.901 | 17.50 | 磁行したした |
| 3.94 | 1.09 | 1.903 | 17.50 | |
| 4.44 | 1.14 | 1.982 | 17.3 <mark>0</mark> | |
| 4.94 | 1.20 | 2.090 | 17.1 <mark>0</mark> | |
| 5.44 | 1.34 | 2.290 | 16.8 <mark>0</mark> | |
| 5.94 | 1.46 | 2.490 | 16. <mark>40</mark> | 礫混じり砂 |
| 6.44 | 1.56 | 2.630 | 16.2 <mark>0</mark> | |
| 6.94 | 1.63 | 2.760 | 16.00 | |
| 7.44 | 1.68 | 2.830 | 15.80 | |
| 7.94 | 1.68 | 2.820 | 15.80 | 火山灰質砂 |
| 8.44 | 1.67 | 2.820 | 15.8 <mark>0</mark> | |
| 8.94 | 1.66 | 2.800 | 15. <mark>80</mark> | 玉石混じり |
| 9.44 | 1.63 | 2.750 | 15 <mark>.9</mark> 0 | シルト質細砂 |
| 9.94 | 1.60 | 2.700 | 16. <mark>00</mark> | |
| 10.44 | 1.57 | 2.660 | 16.00 | 磁行しい |
| 10.94 | 1.55 | 2.620 | 16.10 | い好シルト |
| 11.44 | 1.53 | 2.600 | 16.20 | |
| 11.94 | 1.51 | 2.570 | 16.20 | |
| 12.44 | 1.49 | 2.510 | 16 <mark>.3</mark> 0 | 水山灰皙细砂 |
| 12.94 | 1.47 | 2.500 | 16.40 | 人口厌真和吵 |
| 13.44 | 1.46 | 2.500 | 16.50 | |
| 13.94 | 1.44 | 2.450 | 16.80 | |
| 14.44 | 1.43 | 2.440 | 16.90 | |
| 14.94 | 1.42 | 2.430 | 17.00 | |
| 15.44 | 1.42 | 2.430 | 17.00 | 磁空しい |
| 15.94 | 1.42 | 2.430 | 17.00 | 砂暦シルト |
| 16.44 | 1.42 | 2.420 | 17.00 | |
| 16.94 | 1.41 | 2.410 | 17.00 | 1 |
| 17.44 | 1.41 | 2.410 | 17.10 | |
| 17.94 | 0.73 | 1.319 | 17.20 | |

表 3 - 11 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(揚水終了後:9月 25 日 PM1:50)

(10) 簡易揚水試験結果(改善後)

試験の実施状況は以下のとおりである。 試験期間:令和2年(2020年)9月25日8:52~13:01 揚水機器:カワエース(吐出量:4.0L/min) 観測機器:自記式水位計(S&DLmini)・ポータブル電気伝導率計(CM-31P) 孔口標高:KBM±0.00m



図 3-21 B-1 孔 簡易揚水試験状況

揚水試験中の水位変化を図3-22に示す。



図3-22 B-1 孔揚水試験中の水位変動と潮位変化(9月25日)

ポンプ運転時の水位降下は短時間で終了しており、その降下量は約5.5mである。ポンプ停止 時の水位上昇は運転時の降下量と比較して水位上昇のペースが緩やかであり、揚水の対象である 帯水層の透水性があまり高くないことが推察される。潮位変動に関しては観測期間中は一貫して 潮位が低下していく状況にあり、その変動幅は11:00~14:00間で11cmである。なお、揚水孔 吸い込み口をG.L-12.65mに設置したことで前日同様揚水量4L/minでの揚水試験を可能とした。 しかし、揚水中の濁り及び硫化水素臭は解消できなかった。

(11) 試掘井の透水性の評価

揚水試験結果から試掘井の透水係数を求めた。

透水係数の試算は、「ヤコブの直線法」に拠ることとし、改善後試掘井での揚水試験結果から行った。

ポンプ運転時の水位降下は短時間で終了しているため、揚水試験結果は図3-23中に示す① の部分のみを用いることとし、水位降下量Sと経過時間tの関係を図3-24の片対数図に示 す。



図 3-23 B-1 孔 揚水試験中の水位変動(9月25日)



図3-24 簡易揚水試験 ヤコブの直線法による解析(9月25日)

透水量係数Tは次式により求められる。

T=2.3Q/(4・π・ΔS) (ヤコブの直線法)

ここで、

Q (揚水試験時の揚水量): 0.004 m³/min

△S (図 3-24 における logt の 1 サイクル分の水位降下量): 0.077m

揚水量が 30 L/min の時、

T= (2.3 • 0.004) / (4 • π • 0.077) =0.0095 m²/min

透水係数kは次式により求められる。

- k=T/M
 - ここで、
- M(透水層の厚さ):8.00m (図3-21)

よって、

 $k=0.0095/8.00=0.0012 (m/min)=2.0 \times 10^{-5} (m/s)$

となる。

透水係数は地盤の種類によって大きく異なる。地盤の種類と透水係数の関連性を図3-25に 示す。

| | 10-11 | 10^{-10} | 10- |) | 10* | 1 | 10 | 7 | 10-6 | - | 10-5 | | 10.4 | 10-3 | 10-2 | 10 ⁻¹ | <u>1</u> 0°(m/s) |
|----------|-------|------------|-------|-----|---------|-----|-----|-------|------|----|------|---|------|------|------|-------------------------|------------------|
| 透水性 | 実質 | 上不是 | 豊 木 非 | 常 | = = | 低 | い | 低 | | 61 | | ф | 位 | | 高 | L > | |
| 対応する土の種類 | | 粘性土 | 1 | 效細砂 | 、シ | ルト、 | 砂ーシ | ・ルトー! | 佔土酒 | 合土 | | | 砂およひ | 保 | | 消浄な礫 | |

図3-25 地盤の種類と透水係数の対応¹⁸

B-1 孔の透水層は砂質土主体であり、図3-25 において算出した透水係数は「微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土」に該当し、本孔の透水性が「低い」ことを示している。

¹⁸ 地盤調査の方法と解説(社団法人 地盤工学会)

(12)まとめ

・揚水による塩分は、表3-12に示すとおりである。海水の塩分の約50%程度であり、海水井 戸としての塩分は満足しない結果となった。

| 測定日 | 8月21日 | 9月24日 | 9月25日 |
|--------------|-----------|-------|-------|
| 揚水中の塩分(%) | 1.01~1.23 | 1.50 | 1.47 |
| 参考:海水(象潟漁港西) | 2.60 | 2.60 | 2. 72 |

表3-12 揚水中の塩分

- ・取水層変更後の鉛直塩分測定では、取水層区間において揚水による塩分の上昇が認められた。
- ・揚水による塩分は、表 3-12に示すとおりであり、改善後に塩分の上昇が認められた。測定時の海水の塩分は改善前(8月21日)で平均1.17%(最大1.23%、最小1.01%)であった。改善後は揚水終了時の測定のみであるが、揚水管吸い込み口改善後(9月24日)で1.50%、取水層改善後(9月25日)で1.47%であった。

象潟漁港西で採取した海水の塩分は2.60%(8月18日)、2.60%(9月26日)、2.72%(9月 25日)であり、時期による海水の塩分変化はほとんどみられないため、取水層の改善により 塩分が上昇したといえる。

- ・ 揚水管吸い込み口を深部に変更することで、 揚水量が 2L/min から、 4L/min に改善した。 揚水 試料の濁りは改善前と比較し僅かに改善されたが、 硫化水素臭については変化が認められなか った。
- ・9月25日のB-1孔における簡易揚水試験結果より、ヤコブの直線法による解析を用いて透水 係数kを求めたところ、k=0.00002(m/s)であった。